

Energy Conversion

معلومات ابتدائية :

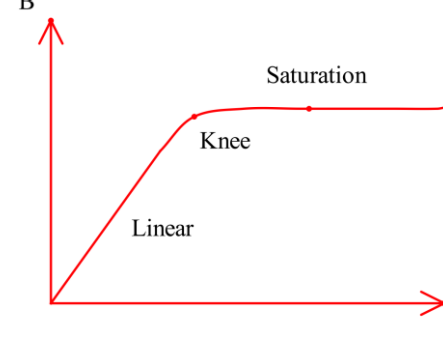
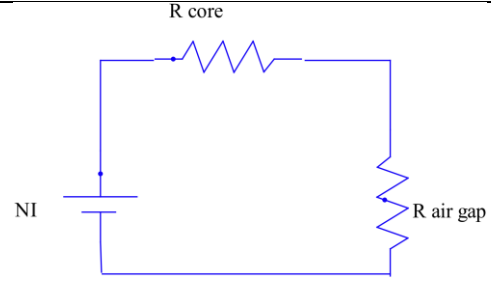
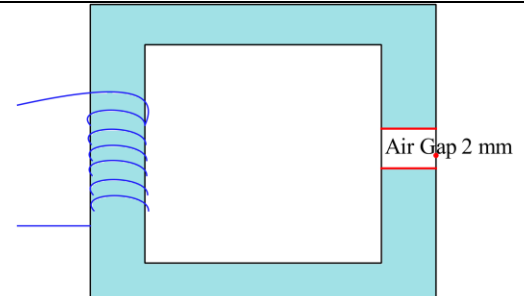
تحويل الطاقة باستخدام وسيط مغناطيسي أكفاً 10000 مرة عن تحويلها بوسيط كهربي

مكونات الدائرة المغناطيسية : 1- مصدر قوة دافعه مغناطيسية : أ) مرور تيار في ملف ب) مغناطيس دائم

$$1\text{wb} = 10^8 \text{ flux lines}$$

2- مادة مغناطيسية لتمثل مسار لمرور الفيض

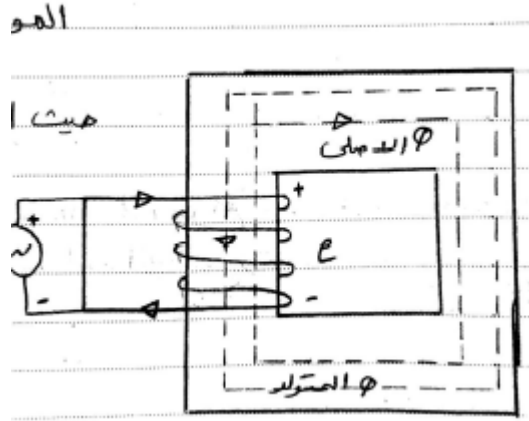
عند دراسته المجال المغناطيسي وانتقاله وجدنا تماثل بين الدوائر الحثية و الدوائر الكهربائية

Electrical	Magnetic
$Emf = V = IR$	$Mmf = NI = \phi R = Hl$
$R = \frac{l}{\sigma A}$	$R = \frac{l}{\mu A}$ $\mu = \mu_0 \mu_r$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$
	<p>Flux density</p> $\vec{B} = \frac{\phi}{A} \text{ (Tesla)}$ <p>Flux Linkage</p> $\vec{\lambda} = N\phi \text{ (Turn.Wb)}$ <p>Inductance</p> $\vec{L} = \frac{\lambda}{I} = \frac{N\phi}{I} = \frac{N^2}{R} = \frac{\mu N^2 A}{l}$ $B = \mu H$
	 <p>The graph shows the relationship between magnetic flux density (B) on the vertical axis and magnetic field strength (H) on the horizontal axis. The curve starts in a linear region, then enters a 'Knee' region where the slope decreases, and finally reaches a 'Saturation' region where the curve becomes horizontal.</p>
 <p>The diagram shows a series circuit with a voltage source labeled 'NI', a resistor labeled 'R core', and a resistor labeled 'R air gap'.</p>	 <p>The diagram shows a magnetic core with a coil wound around one leg. The core has an air gap of 2 mm. The magnetic field strength H is indicated on the right leg.</p>

Induced electromotive force (emf)

$$e = \frac{d\lambda}{dt} = \frac{d(LI)}{dt} = \frac{d(N\phi)}{dt}$$

static U يحتوي على أجزاء متحركة if L constant



$$\therefore e = L \frac{di}{dt} = N \frac{d\phi}{dt}$$

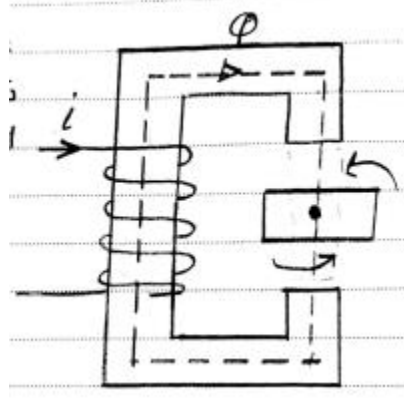
قاعده لنز : القوة الدفاعية المستحثه عند طرفي الملف تعمل على توليد فيض يعاكس الفيض الأصلي للملف عند عمل S.C على الملف

تتولد emf بشرط ان التيار متغير AC وليس DC

$$\text{if } DC \quad e = 0$$

$$\text{if } AC \quad e = L \frac{di}{dt}$$

L is not constant يحتوي على جزء متحرك



بسبب تغير الـ R بسبب تغير التيار

$$e = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}$$

$$\text{if DC} \rightarrow e = i \frac{dL}{dt}$$

if AC

بسبب تغير الـ R بسبب تغير التيار

$$e = \underbrace{L \frac{di}{dt}}_{\text{static transformer}} + \underbrace{i \frac{dL}{dt}}_{\text{dynamic speed voltage}} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} \frac{d\theta}{d\theta} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \underbrace{L \frac{di}{dt}}_{\text{static transformer}} + \underbrace{i \frac{dL}{d\theta} \dot{\theta}}_{\text{dynamic speed voltage}}$$

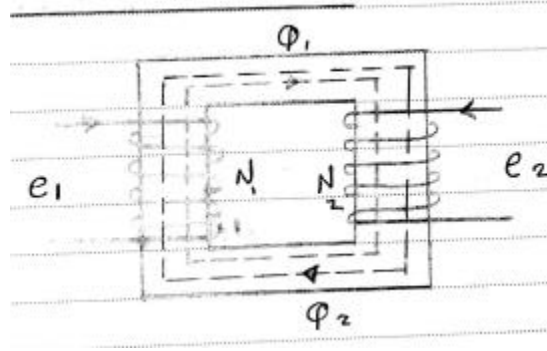
اذن يشترط لحدوث جهد مستحث

1- وجود فيض

2- حدوث تغير (اما في الفيض المار بالملف او حركه للملف (تغير الـ L نتيجة تغير R) او كلاهما

3- وجود مادة مغناطيسية موصلة

Magnetic Circuit with two coils :



two fluxes in the same direction $\phi = \phi_1 + \phi_2$

two fluxes are not in the same direction $\phi = \phi_1 - \phi_2$

$$\phi = \frac{NI}{R}$$

$$\phi = (\phi_1 \pm \phi_2) = \frac{N_1 I_1}{R} \pm \frac{N_2 I_2}{R}$$

$$\lambda = N\phi$$

$$\therefore \lambda_1 = N_1 \left(\frac{N_1 I_1}{R} \pm \frac{N_2 I_2}{R} \right) = \frac{N_1^2 I_1}{R} \pm \frac{N_1 N_2 I_2}{R}$$

فيض ناتج من مرور تيار في الملف الاول نفسه فيض ناتج من مرور تيار في الملف الآخر

$$\lambda_1 = \widehat{\lambda_{11}} \pm \widehat{\lambda_{12}}$$

$$\lambda_1 = L_{11} I_1 \pm M_{12} I_2$$

$$e_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = \frac{d}{dt} (L_{11} I_1 \pm M_{12} I_2) = L_{11} \frac{dI_1}{dt} + I_1 \frac{dL_{11}}{dt} \pm M_{12} \frac{dI_2}{dt} + I_2 \frac{dM_{12}}{dt}$$

وكذلك بالمثل لل e_2 نكرر نفس الخطوات

وبافتراض عدم تغير ال L وبالتالي ال M لكل الملفين

$$e_1 = L_{11} \frac{dI_1}{dt} \pm M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

$$e_2 = L_{22} \frac{dI_2}{dt} \pm M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

إذا كان تأثير الملف الأول على الثاني مثل تأثير الملف الثاني على الأول $M_{12} = M_{21} = M$

Properties of Magnetic Materials

(Iron is a popular example)

$$\mu_r(\text{of non magnetic}) \ll \mu_r(\text{magnetic material}) \quad -1$$

$$R(\text{non magnetic}) \gg R(\text{magnetic}) \quad -2$$

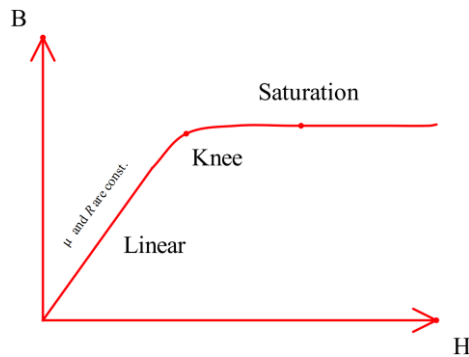
-3 المواد المغناطيسية تحتاج لتيار صغير لتوليد فيض بالقيمة المطلوبة فنحتاج لمساحة اقل وتكون التكلفة اقل عنها اذا استخدمنا مادة غير مغناطيسية تحتاج تيار كبير لكبر ال reluctance

$$\phi = \frac{Ni}{R} \Rightarrow R = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A}$$

-4 المواد المغناطيسية لها ما يعرف بال B-H curve

حيث

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H$$
$$B \propto \phi, H (= \frac{NI}{l}) \propto I$$



R, μ is constant at the linear region and varies at the knee and sat.

Saturation هو معناه وصول الفيض لقيمه عظمى ولا يمكن زيادته اكثر من ذلك تبعا لزياده التيار وذلك لتشبع

مساحة الحديد بخطوط الفيض وعدم تحملها خطوط اكثر

ولذلك تمثل افضل نقطه عمل هي المنطقة الفاصله بين ال linear وال saturation للاستفاده بالمساحة كلها

باقول تيار

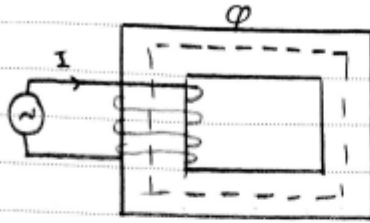
$$\mu_r \uparrow \rightarrow I \downarrow \rightarrow R \downarrow$$

لحساب ذلك التيار

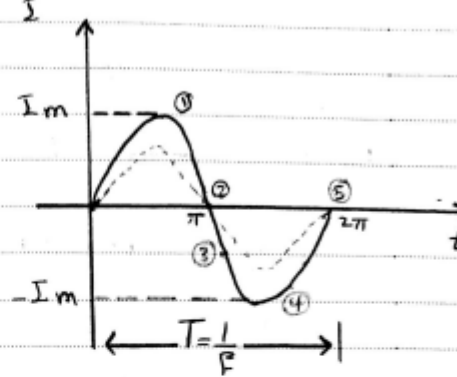
$$DC \rightarrow I = \frac{V}{R} , AC \rightarrow \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Magnetic Hysteresis

② magnetic hysteresis



حدث في حالة التيار AC فقط



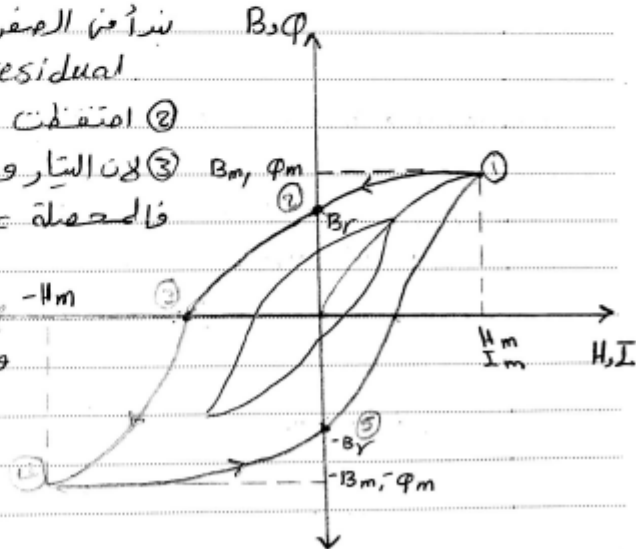
$$I_m = I_m \sin \omega t$$

نبدأ من المفرد وتأخذنا ان المادة لا تعود فيها
magnetic residual

② امتنقت جزء من المتناظرة

③ لان التيار ولد فيض عكس الفيض الموجود
فالمحصلة = صفر

④ عند البرقية للتيار بالتالي
ولد أكبر فيض بالتالي



مساحه المنحنى تعتمد علي قيمه التيار (كلما قل التيار كلما زادت مساحه المنحنى)

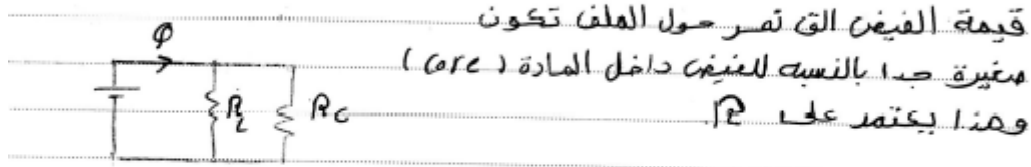
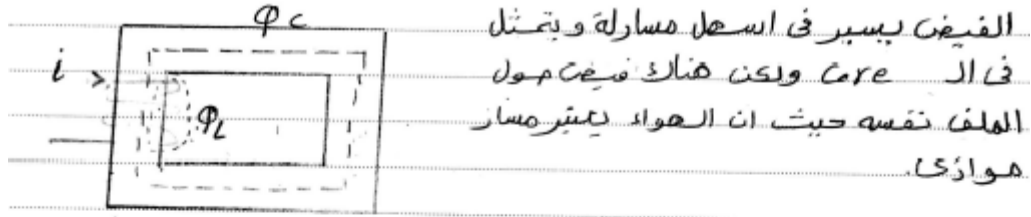
باختلاف H يمكن الحصول على قيم مختلف لل B وذلك اعتمادا على قيمه التيار

كلما زادت قيمه ال Br كلما زادت مساحه المنحنى

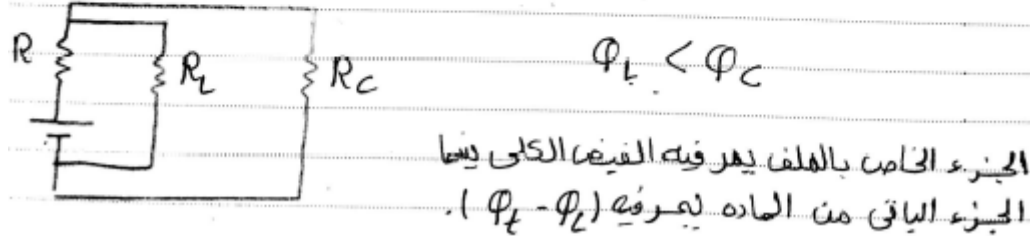
مساحه المنحنى تمثل المفاقيد المغناطيسية وتعتمد على نوع الماده و حسب التطبيق الذي نستخدمه فيه

كل Loop يتكرر ذلك المنحنى مره

Magnetic Flux Leakage



$$\Phi_t = \Phi_L + \Phi_C$$



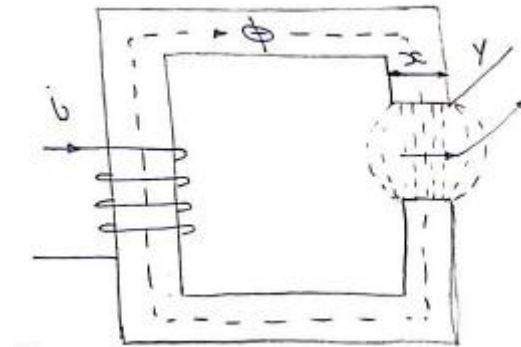
$$\Phi_L < \Phi_C$$

استنتاج قيمه الفيض المتسرب

$$\Phi_L R_L = \Phi_C R_C = mmf$$

$$\Phi_L = \frac{\Phi_C R_C}{R_L}$$

Magnetic Flux fringing



$$A_c = xy$$

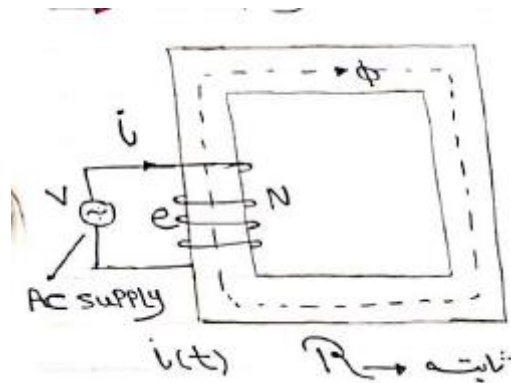
$$A_g = (x + 2l_g) + (y + 2l_g)$$

$$\therefore A_g > A_c$$

$$\therefore B_g < B_c$$

$$\frac{\phi}{A_g} > \frac{\phi}{A_c}$$

Energy Stored in the magnetic field

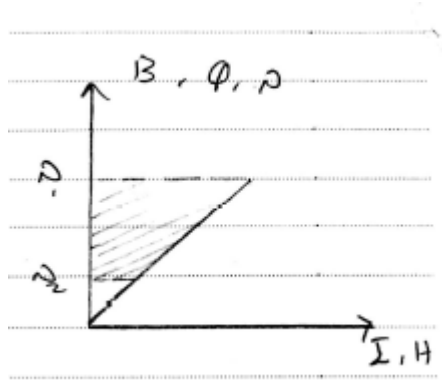


$$P = e * i = \frac{d\lambda}{dt} * i$$

$$\therefore W = \int p dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i \frac{d\lambda}{dt} dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda$$

من معادله المنحنى التي تربط λ ب i نوجد ال λ بدلالة i ثم نعوض

(بفرض العلاقة Linear بينهما)



$$\lambda = Li$$

$$\therefore i = \frac{\lambda}{L}$$

$$\therefore W = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\lambda}{L} d\lambda = \frac{1}{L} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda d\lambda = \frac{1}{L} \left[\frac{\lambda^2}{2} \right]_{\lambda_1}^{\lambda_2} = \frac{1}{2L} (\lambda_2^2 - \lambda_1^2)$$

assume $\lambda_1 = 0$

$$\therefore W = \frac{1}{2L} \lambda_2^2 = \frac{1}{2L} (Li)^2 = \frac{1}{2} L i^2$$

لا يوجد حركة (طاقة ميكانيكية) بالتالي كل الطاقة المخزنة ف الملف هي magnetic flux

AC Excitation

أي عند تزويد الملف بتيار متردد

First (emf and emf rms)

$$e = N \frac{d\phi}{dt} , \phi = (\phi_m \sin \omega t)$$

$$e = N \phi_m \omega \cos \omega t = E_{Max} \cos \omega t$$

$$\text{where } E_{Max} = N \phi_m \omega \quad \therefore E_{rms} = \frac{N \phi_m \omega}{\sqrt{2}} = \frac{N \phi_m 2\pi f}{\sqrt{2}} = 4.44 N \phi_m N f$$

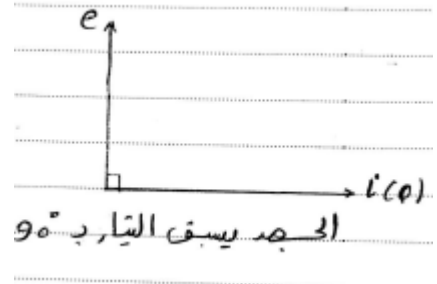
Linear Magnetic "Ideal" -1

$$i_\phi = \frac{\phi R}{N} = \frac{R}{N} \phi_m \sin \omega t$$

$$e = E_{Max} \cos \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

الجهد يسبق التيار ب 90 درجة



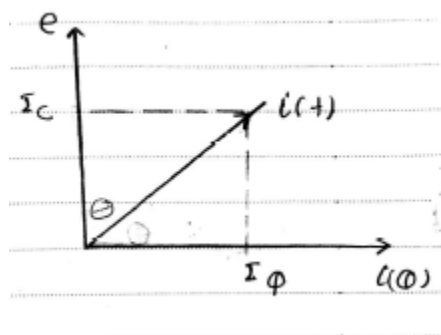
$$\therefore P(\text{active Power}) = E_{rms} I \cos 90 = 0$$

أي انه في حالة ال ideal كل الطاقة المسحوبة تخزن في الملف على هيئة reactive power فقط

$$Q (\text{Reactive Power}) = E_{rms} I \sin 90$$

In Ideal -2

التيار المزود به الملف غير منتظم سيولد فيض ليس in phase



الزاوية بين التيار والجهد لا تكون 90 لكن تكون θ ويمكن فصلها لمركبتين

$$I_c = I \cos \theta$$

$$I_\phi = I \sin \theta$$

$$- \text{active power } P = E_{rms} I \cos \theta = E_{rms} I_c$$

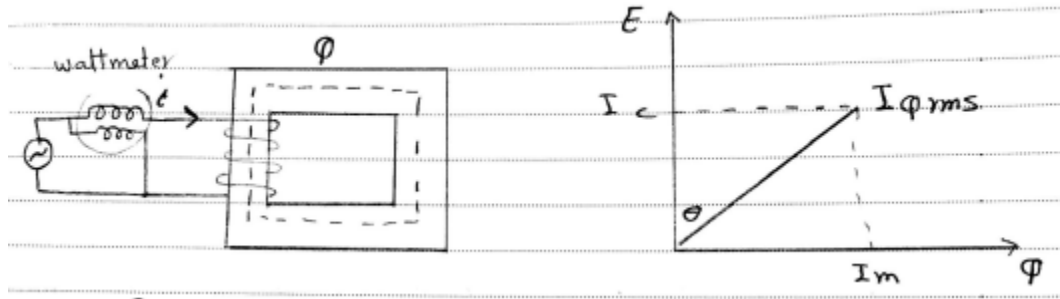
$$- \text{reactive Power } Q = E_{rms} I \sin \theta = E_{rms} I_\phi$$

$$I_\phi = \frac{\phi R}{N} = \frac{H l}{N}$$

$$I_{rms(\phi)} = \frac{H_{rms} l}{N}$$

Excitation Power

هي الباور اللي بتغذي الداييره يعني محصله ال active وال reactive

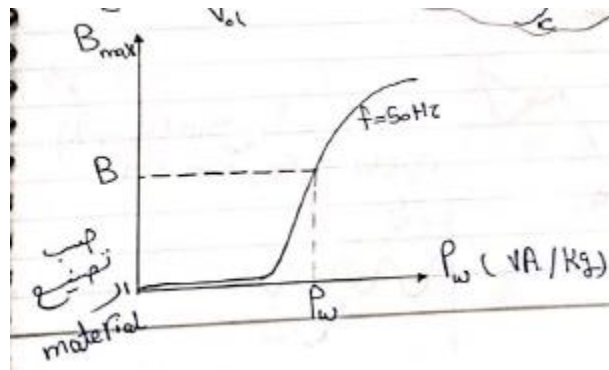


$$P = E_{rms} I_{\phi rms} = 4.44 N \phi_m f \frac{H_{rms} L}{N} = 4.44 B_c A_c f H_{rms} l_c$$

$$P = 4.44 B_c f H_{rms} (A_c l_c) = 4.44 B_c f H_{rms} V_c = 4.44 B_c f H_{rms} \frac{mass}{\rho_c} \text{ (VA)}$$

$$\therefore P \propto B_c \propto H_{rms} \propto V_c$$

$$P \text{ (for kg)} = \frac{4.44 B_c f H_{rms}}{\rho_c} \text{ (VA/kg)}$$

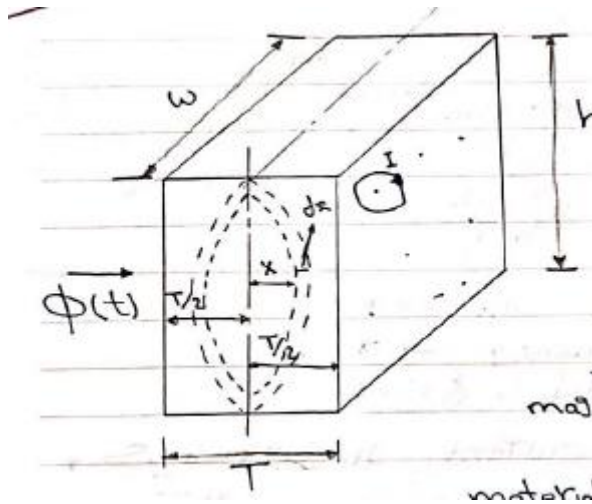


اذا لم يكن هناك حركه فتكون المفاقيد كلها copper losses

Magnetic Core Losses (Iron Losses)

$$P_{iron} = P_{core} = P_e + P_h = \text{ watt}$$

Eddy Current (Losses)



$$E_{rms} = 4.44 N \phi_m f \rightarrow N = 1$$

$$\rightarrow E_{rms} = 4.44 \phi_m f$$

$$\phi = BA = B_m 2hx$$

$$E_{rms} = 4.44 B_m 2h x f$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho (2h)}{w dx}$$

$$dI = \frac{E_{rms}}{R} = \frac{4.44 B_m f 2hx}{\frac{\rho (2h)}{wdx}} = \frac{4.44 B_m f 2hx w dx}{\rho (2h)}$$

$$dP_e = E dI = 4.44 B_m 2h x f * \frac{4.44 B_m f x w dx}{\rho} = \frac{(4.44 B_m f)^2}{\rho} 2 h w x^2 dx$$

$$P_e = \int dP_e = \int_0^{\frac{T}{2}} \frac{(4.44 B_m f)^2}{\rho} 2 h w x^2 dx = \frac{(4.44 B_m f)^2}{\rho} 2 h w \int_0^{\frac{T}{2}} x^2 dx$$

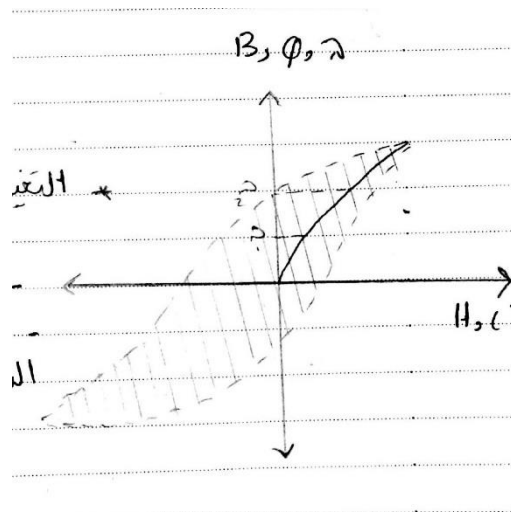
$$P_e = \frac{(4.44 B_m f)^2}{\rho} 2 h w \left[\frac{x^3}{3} \right]_0^{\frac{T}{2}} = \frac{(4.44 B_m f)^2}{\rho} 2 h w \frac{T^3}{24}$$

$$= \frac{(4.44 B_m f T)^2}{24\rho} 2 h w T = \frac{(4.44 B_m f T)^2}{24\rho} 2 V$$

$$\therefore P_e = K_e B_m^2 f^2$$

Note : for B_m to be constant $\frac{v}{f}$ must be constant

Hysteresis Losses



نوجد المساحة تحت المنحنى اما عن طريق تقسيمها مربعات صغيرة وإيجاد مساحتها او عن طريق التكامل

من المساحة تحت المنحنى نحدد الشغل المفقود نتيجة لل Hysteresis Losses

$$\Delta W_h = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i \, d\lambda$$

$$i = \frac{Hl}{N} \quad \text{and} \quad \lambda = N\phi = N \cdot B \cdot A$$

$$\therefore \Delta W_h = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{Hl}{N} \, d(N \cdot B \cdot A) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Hl \, d(B \cdot A) = lA \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} H \, dB$$

$$\therefore W_h = V \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} H \, dB$$

$$P_h = \frac{W_h}{T} = W_h \cdot f$$

$$\therefore P_h = K_h B_m f$$

تجربه لقياس ال core losses

- بقياس مقاومة الملف (بالأومتر) وتسليط جهد V و R و $\frac{V}{I}$ و P والجهد
توصيل جهاز وات ميتر في الدائرة وتسليط جهد V عند تردد f والجه
 A_c لو كانت الدائرة Trans. قليلة مفتوح.
قياس تيار الملف $P_{cu} = I^2 r$ وغالباً تهمل هذه القيمة لأنها
مغيرة جداً $P_{iron} = W_t = P_{cu}$ المقاييد للمعدن هما قراءة
الوات ميتر فرق الفقد في الملف.

العزل بين (h و E)

Case II

$$V_1 = 220 \, V$$

$$f_1 = 50 \, Hz$$

$$P_{iron1} = P_{e1} + P_{h1}$$

$$P_{e1} = k_e B m_1^2 F_1^2$$

$$P_{h1} = k_h B m_1^2 F_1^2$$

Case 12)

$$V_2 = 110 \text{ V}$$

$$P_2 = 25 \text{ W}$$

$$P_{iron2} = P_{e2} + P_{h2}$$

$$P_{e2} = k_e B m_2^2 F_2^2$$

$$P_{h2} = k_h B m_2^2 F_2^2$$

نفس المعادلات على كثافة الفين الثانية

$$\Rightarrow B m_1 = B m_2$$

$$P_{iron1} = k_e F_1^2 + k_h F_1^2 \quad 1$$

$$P_{iron2} = k_e F_2^2 + k_h F_2^2 \quad 2$$

بالضرب

$$k_e = \text{⊙}$$

$$k_h = \text{⊙}$$

Case 1 and 2 بالتعويض في

$$P_{e1} = \text{⊙}$$

$$P_{h1} = \text{⊙}$$

$$P_{e2} = \text{⊙}$$

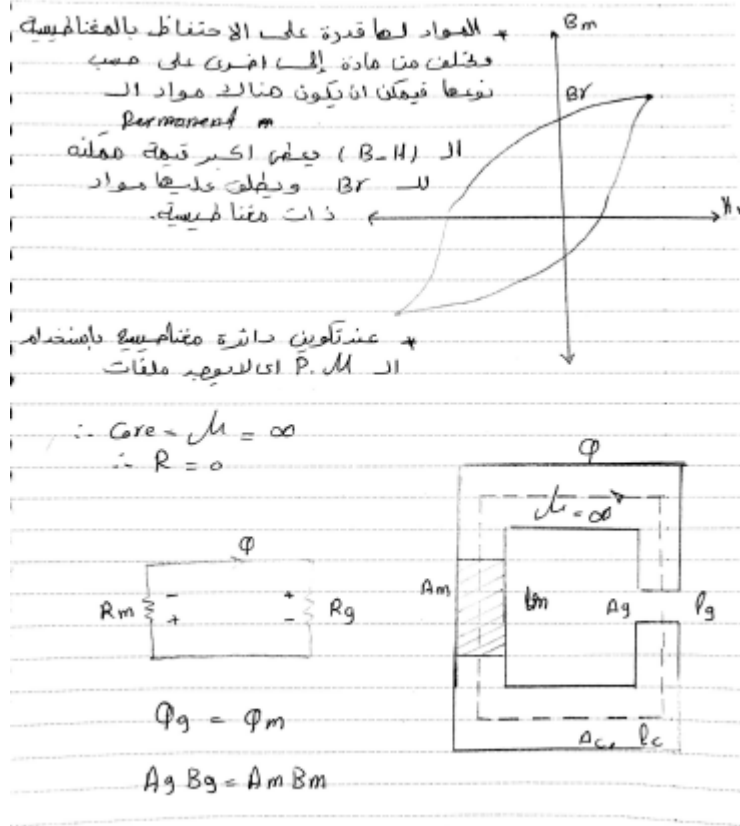
$$P_{h2} = \text{⊙}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

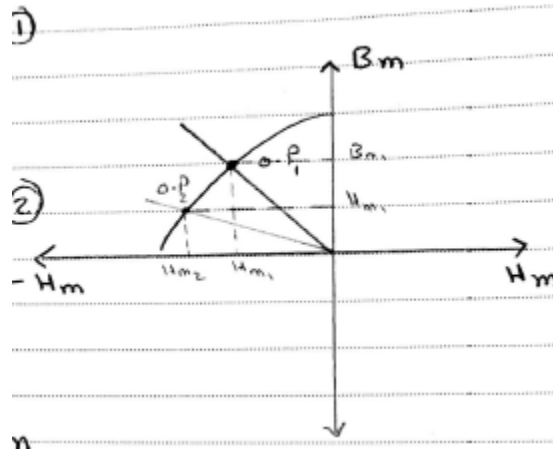
الزاوية بين (P, Q) = θ°

Permanent Magnets



إثباتين مهمين بييجوا في الامتحانات :

الإثبات الأول : تحديد نقطة التشغيل ،
 اثبت أن نقطة التشغيل تعتمد على ابعاد الـ PM و الـ airgap



$$\phi = B_m A_m = B_g A_g$$

$$\therefore B_m = \frac{A_g B_g}{A_m} = \frac{A_g (\mu_0 H_g)}{A_m}$$

$$H_g l_g + H_c l_c = 0$$

$$\therefore H_g = -\frac{H_m l_m}{l_g}$$

$$\therefore B_m = -\frac{A_g (\mu_0 H_m l_m)}{A_m l_g} = -\mu_0 \frac{A_g l_m}{A_m l_g} H_m = -k H_m$$

وهي معادلة خط مستقيم ونقطة التشغيل تقع اما في الربع الثاني او الرابع ويفضل في الربع الثاني

يمكن اهمال مقاومه الحديد بالنسب هلل airgap

يتولد فيض بدون مرور تيار في PM ولكن عيوبها هو ان الفيض يكون ثابت ولا يمكن التحكم فيه وتغييره

الاثبات الثاني : لحساب اقل حجم للحصول على B معينه في ال airgap

(اقل وزن واقل مساحه)

$$V_m = A_m l_m$$

$$\phi = B_m A_m = B_g A_g$$

$$\therefore A_m = \frac{B_g A_g}{B_m}$$

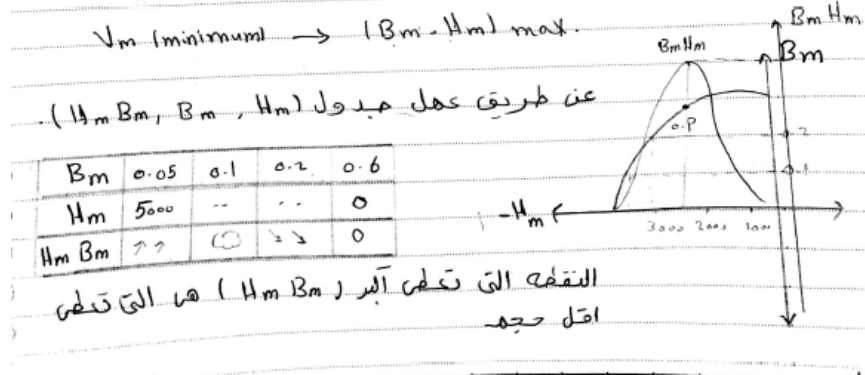
$$H_g l_g + H_m l_m = 0$$

$$l_m = -\frac{H_g l_g}{H_m} = -\frac{B_g l_g}{\mu_0 H_m}$$

$$\therefore V_m = A_m l_m = \frac{B_g A_g}{B_m} * -\frac{B_g l_g}{\mu_0 H_m} = -\frac{B_g^2 A_g l_g}{\mu_0 H_m B_m}$$

$$\therefore \text{for } V_m \text{ Maximum we need } (B_m H_m) \text{ Minimum}$$

نوجد تلك النقطة عن طريق الرسم او عمل جدول



بعد إيجاد النقطة $B_m H_m$ التي تعطي أكبر قيمة نعوض في قانون ال V ونوجد أي أبعاد ناقصه

Ch2 : Magnetically Coupled Coils

Self Inductance

$$L = \frac{\lambda}{I} = \frac{N\phi}{I} = \frac{N^2}{R} = P N^2$$

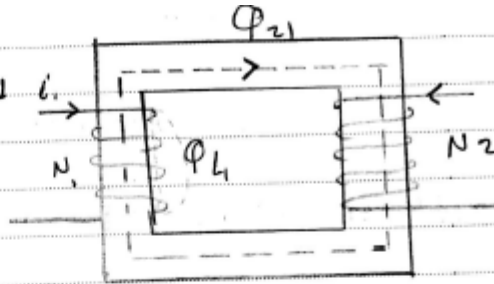
لو الفيض متغير تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة e

$$e = \frac{d\lambda}{dt} = N \frac{d\phi}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

L ثابتته عندما تكون R ثابتته وذلك μ ثابتته في المنطقة ال Linear

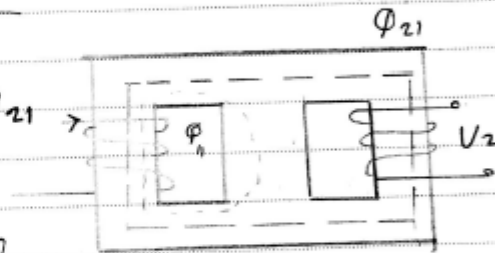
Mutual Inductance

L_{11} = Self Inductance of Coil 1
 L_{22} = " " " " " 2
 M_{21} = mutual Inductance between Coil 2, 1
 M_{12} = " " " " " 1, 2



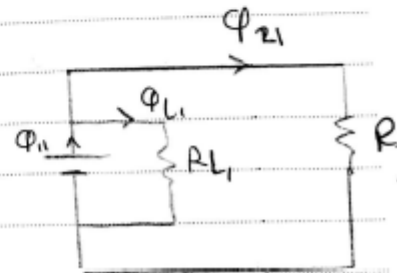
$$M_{12} = M_{21} = M$$

Φ_{21} هو الفيض الذي يتلحظ الملف الثاني
 وينتج عن الملف الاول.



Φ_{11} هو الفيض الذي يتلحظ الملف الاول
 وينتج عن نفس الملف

Φ_{L1} الفيض المتسرع من الملف الاول.
 الفيض الناتج من الاول ويمر في مسار
 لا يمر بالمف الثاني.



$$\Phi_{11} = \Phi_{21} + \Phi_{L1} \leftarrow$$

$$N_1 I_1 = \Phi_{L_1} R_{L_1} \quad \Phi_{L_1} = N_1 I_1 P_{L_1}$$

$$N_1 I_1 = \Phi_{21} R_{21} \quad \Phi_{21} = N_1 I_1 P_{21}$$

$$\Phi_{11} = \Phi_{L_1} + \Phi_{21}$$

$$= N_1 I_1 [R_{L_1} + R_{21}]$$

$$\Phi_{11} = N_1 I_1 P_{11}$$

$$P_{11} = P_{L_1} + P_{21} \leftarrow$$

$$\frac{1}{R_{11}} = \frac{1}{R_{L_1}} + \frac{1}{R_{21}}$$

$$\mathcal{A}_1 = N_1 \Phi_{11}$$

$$e_1 = \frac{d\mathcal{A}_1}{dt} = \frac{d}{dt} N_1 N_1 I_1 P_{11}$$

$$e_1 = N_1^2 P_{11} \frac{dI_1}{dt} \quad e_1 = L_{11} \frac{dI_1}{dt}$$

$$L_{11} = N_1^2 P_{11}$$

\mathcal{A}_{21} الفيض الذي قطع الملف الثاني شحبه الملف الاول

$$\mathcal{A}_{21} = N_2 \Phi_{21}$$

$$\Phi_{21} = N_1 I_1 P_{21}$$

$$\mathcal{A}_{21} = N_1 N_2 I_1 P_{21}$$

$$V_2 = \frac{d\mathcal{A}_{21}}{dt} = N_1 N_2 P_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

$$V_2 = M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

$$M_{21} = N_1 N_2 P_{21}$$

عند تطوير ديس الجرحه ولان بتعدد اللعا الثاني

$$L_{22} = N_2^2 P_{22}$$

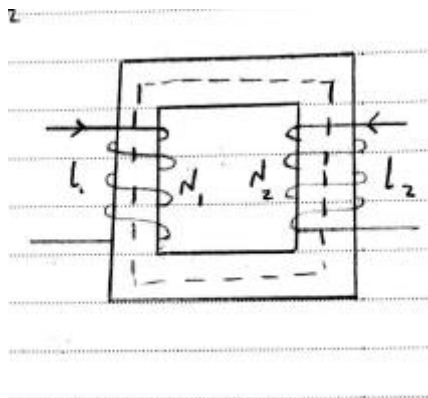
$$M_{12} = N_1 N_2 P_{12}$$

$$P_{12} = P_{21}$$

$$\therefore M_{12} = M_{21} = M$$

M تعتمد على P لو ثابت فان M ثابت لو متغيرة فان M متغير

Mutual Inductance in terms of self inductance



$$L_{11} L_{22} = N_1^2 P_{11} * N_2^2 P_{22}$$

$$P_{11} = (P_{L1} + P_{21})$$

$$P_{22} = (P_{L2} + P_{12})$$

For linear mag. circuit

$$P_{12} = P_{21}$$

$$L_{11} L_{22} = N_1^2 (P_{L1} + P_{21}) * N_2^2 (P_{L2} + P_{12})$$

$$L_{11} L_{22} = N_1^2 N_2^2 P_{21} P_{12} \left(\frac{P_{L1}}{P_{21}} + 1 \right) \left(\frac{P_{L2}}{P_{12}} + 1 \right)$$

$$L_{11} L_{22} = (N_1 N_2 P_{12})^2 \left(\frac{P_{L1}}{P_{21}} + 1 \right) \left(\frac{P_{L2}}{P_{12}} + 1 \right)$$

$$= M^2 \left(\frac{P_{L1}}{P_{21}} + 1 \right) \left(\frac{P_{L2}}{P_{12}} + 1 \right)$$

$$K^2 = \frac{1}{\left(\frac{P_{L1}}{P_{21}} + 1 \right) \left(\frac{P_{L2}}{P_{12}} + 1 \right)}$$

$k = 0$ ← تفقد على المسافة بين الملفين إذا كانت كبيرة
 $k = 0$ ← الزاوية بين الملفات 90° : لا يوجد فيها من الملف الأول قطع الملف الثاني والعكس.

$$0 \leq k \leq 1$$

$$L_{11} L_{22} \leq \frac{M^2}{k^2}$$

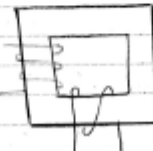
$$M^2 = k^2 L_{11} L_{22}$$

$$M = k \sqrt{L_{11} L_{22}}$$

$$k = 0$$

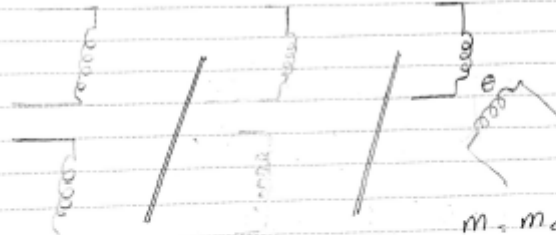
$$\theta = 90^\circ$$

$$M = 0$$



$k \neq 0$ حيث أن الزاوية مقصود بها الزاوية بين الفيضين وليست الملفات.

$$M = M_{max} \cos \theta$$



$$M = M_{max} \cos \theta$$

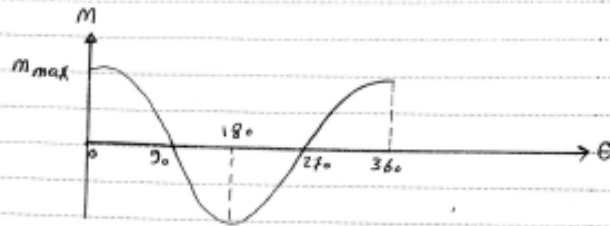
$$\theta = 180^\circ \quad \theta = 0^\circ$$

$$M = -M_{max} \quad M = M_{max}$$

$$\theta = 270^\circ$$

$$M = 0$$





K : Coupling coeff.

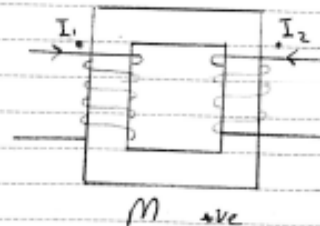
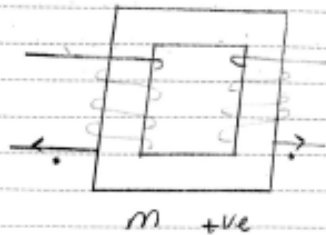
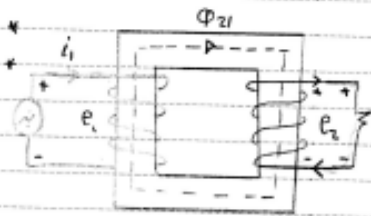
Polarity of The self and mutually Induced Voltages

الفين متغير لوليات لا يتولد منه
mutual e_2 الى هـ تنبع
تبعاً لقاعدة لينتز

$$e_{21} = M \frac{di_1}{dt}$$

$$M = N_1 N_2 \mu_{12}$$

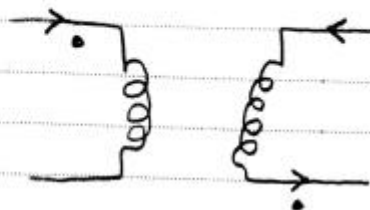
وصفقة عمل ال Transformer



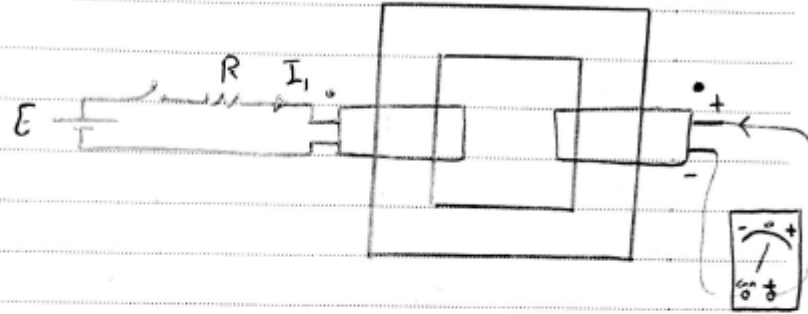
“الفين يساعد بعضه”

$m - ve$

الفين عكس بعضه

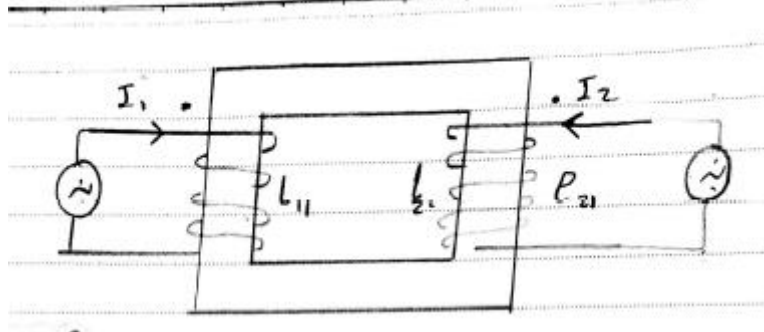


Experimentally Determine the dot marking



- عند وضع مصدر ومقاومة عند الملف الأول، لتقلل التيار لأن الملف في حالة D.C. يكون S.C. نضع مفتاح لأن الجهد في الملف الثاني يعتمد على معدل تغير قبض الملف الأول مع الزمن عن طريق المفتاح نغير الفيض في الحث الفتح والفتح للمفتاح.
- عند غلق المفتاح يتولد E على الملف الثاني عن طريق توصيل فولتير يمكن تحيد المعصية وإزالة الملف.
- إذا تحرك المؤشر في الجزء الموجب فإن موجب الفولتير متصل بموجب الملف. "تحرك الحث ويدرج للمضمرمة أخرى". لأن المصدر D.C.

Energy stored in magnetically coupled coils



First step

$$i_2 = 0 \quad i_1 = 0 \rightarrow I_1, \quad t: t_1 \rightarrow t_2$$

$$W_1 = \int_{t_1}^{t_2} e_1 i_1 dt = \int_{t_1}^{t_2} L_{11} \frac{di_1}{dt} i_1 dt = \int_0^{I_1} L_{11} i_1 di_1 = \frac{1}{2} L_{11} I_1^2$$

Second Step

$$i_1 = I_1, i_2 : 0 \rightarrow I_2, t : t_2 \rightarrow t_3$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \int_{t_2}^{t_3} (e_1 i_1) + (e_2 i_2) dt = \int_{t_2}^{t_3} \left[\left(L_{22} \frac{di_2}{dt} i_2 \right) + \left(M_{21} \frac{di_1}{dt} i_2 \right) \right] dt \\ &= \frac{1}{2} L_{22} I_2^2 + M_{21} I_1 I_2 \end{aligned}$$

$$W_t = W_1 + W_2 = \frac{1}{2} L_{11} I_1^2 + \frac{1}{2} L_{22} I_2^2 \pm M I_1 I_2$$

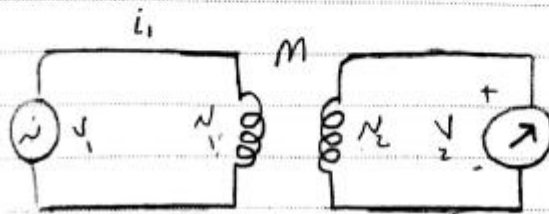
$$W_t = \frac{1}{2} L_{11} I_1^2 + \frac{1}{2} L_{22} I_2^2 \pm \frac{1}{2} M I_1 I_2 \pm \frac{1}{2} M I_2 I_1$$

لثلاث ملفات

$$W_t = \frac{1}{2} L_{11} I_1^2 + \frac{1}{2} L_{22} I_2^2 + \frac{1}{2} L_{33} I_3^2 \pm M_{12} I_1 I_2 \pm M_{23} I_2 I_3 \pm M_{13} I_1 I_3$$

Ideally coupled Coils

- * $k=1 \Rightarrow M = \sqrt{L_{11} L_{22}}$
- * $\mu_r = \infty$ (For material) $\Rightarrow R = 0$
- * $r=0$ (For Coil) \Rightarrow Pure Inductance.



Voltage Ratio

$$V_1 = j\omega L_{11} I_1 \leftarrow (j\omega L \cdot I)$$

$$V_2 = j\omega M I_1$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{L_{11}}{M} = \frac{L_{11}}{\sqrt{L_{11} L_{22}}}$$

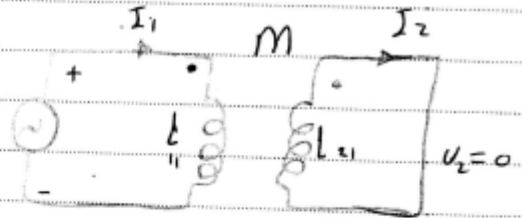
$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{L_{11}}{L_{22}}} = \sqrt{\frac{N_1^2/R}{N_2^2/R}} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$

step up/down transformer. قلوة لاس

Current Ratio

V_1 عبارة عن الجهد المتولد على الملف الأول نتيجة self Ind. والجهد المتولد على الملف الثاني نتيجة mutual Ind.



$$0 = j\omega L_{22} I_2 - j\omega M I_1$$

$$L_{22} I_2 = M I_1$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L_{22}}{M} = \frac{L_{22}}{\sqrt{L_{11} L_{22}}} = \sqrt{\frac{L_{22}}{L_{11}}} = \frac{N_2}{N_1}$$

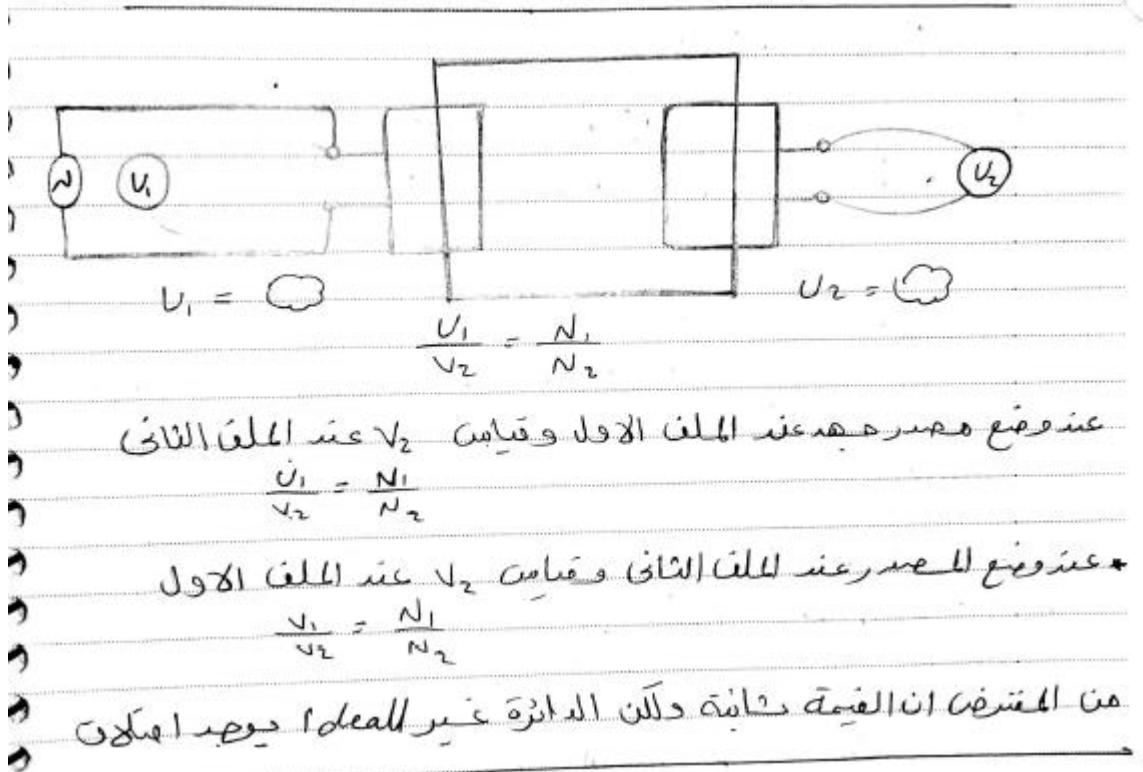
$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}}$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

ideally \leftarrow dissipation Power
Power out $<$ Power input \leftarrow unideally

Measurement of turns ratio of the coupled coils.

Experiment : Measurment of turns ration of the coupled coils



Ch7 : Energy Sources

طاقة كهربائية

طاقة ميكانيكية - تنشأ من حركة جزء معين ويتم تحويلها إلى كهرباء عن طريق المولد.

طاقة الرياح - الطاقة الشمسية.

مصادر الطاقة

مصادر متجددة Renewable Sources	مصادر تقليدية Conventional Sources
<p><u>Fossil Fuels type</u></p> <p>تمثل في الوقود الحفري (البترول - الفحم - الغاز الطبيعي) فهو لا يعود يتم عن طريق الأرض.</p> <p><u>عيوبها</u></p> <ol style="list-style-type: none"> ليست طاقة دائمة تنفذ مع الاستهلاك. ملوثة جدا للبيئة. غير آمنة وفتاح إلى درجة كبيرة من الأمان. تحتاج إلى خطوط نقل أما عن طريق السكك الحديدية أو الممرات وهي مكلفة جدا. 	<p>هي مصادر الطاقة التي تتجدد مع الزمن دون تدخل الإنسان ولا تنفذ مع الاستهلاك مثل الرياح - الشمس.</p> <p><u>مميزاتها</u></p> <ol style="list-style-type: none"> طاقة غير محدودة. تكلفة التشغيل تكاد تكون متناهية. طاقة نظيفة. طاقة آمنة. <p><u>عيوبها</u></p> <ol style="list-style-type: none"> تكاليفها إلى إنشاء عالية جدا. كفاءة منخفضة. طاقة موسمية.

لذلك بدأ الناس في البحث عن بديل

عيوب الطاقة المتجددة

- * طاقة موسمية
- * Capital Cost عالية جداً - التكلفة من البطاريات
- * الكفاءة منخفضة
- * الكفاءة للخلايا الشمسية لا تتعدى 13%

② Solar energy الطاقة الشمسية

عمر الشمس 5 مليارات سنة

مقدار الطاقة منه الشمس

$P = 3.85 \times 10^{23} \text{ KW}$

يغطي استهلاك العالم

- الطاقة الشمسية تعتمد على
- المساحة المغطى بها الطاقة الشمسية
- الزاوية بين الـ surface والاشعاع الشمسي
- نظافة سطح الخلايا الشمسية

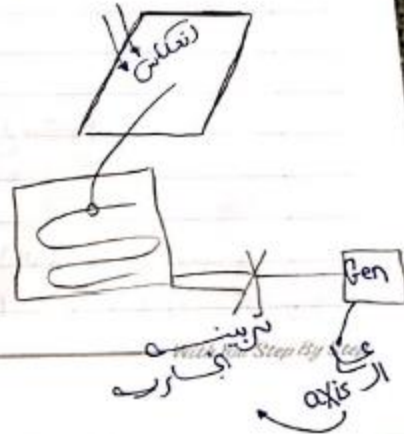
كيفية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية

- ① Indirect method
- ② Direct method

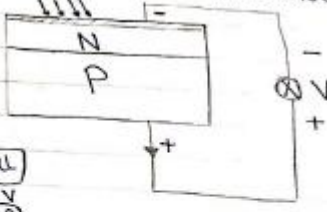
① Indirect method

طريقه غير مباشره
طاقة شمسية ← طاقة ميكانيكية ← طاقة كهربائية

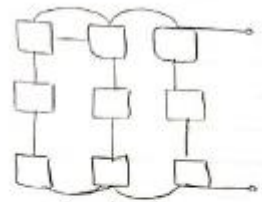
عنه طريقه استخدام حرارة الشمس
✓ كفاءة منخفضة
✓ وتكلفتها عالية جداً



② Direct method

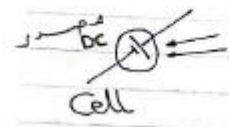


Cell
0.6V
mA



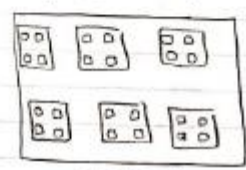
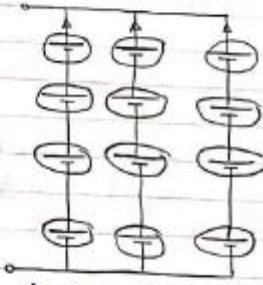
Module

عبارت به مجموعه ای از سلولها
متصل به یکدیگر است و ولتاژ و توانی



Cell

array



array

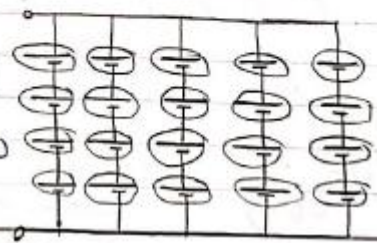
ex 1 Kw, 48V
array DC

Cell 12V, 50W

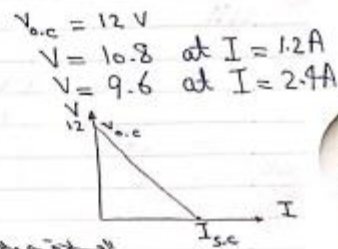
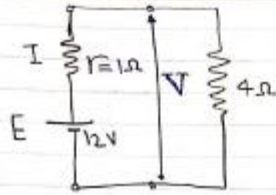
$$n = \frac{1000}{50} = 20 \text{ Cell}$$

$$V = \frac{48 \times 50}{12} = 4V$$

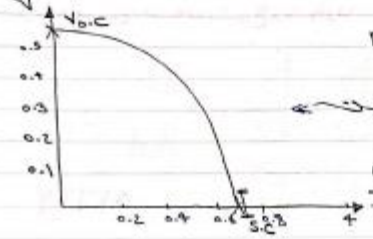
V = 48V
P = 1000W



DATE 23.10.2016 SUBJECT



المقاومة الداخلية في الخلية الشمسية



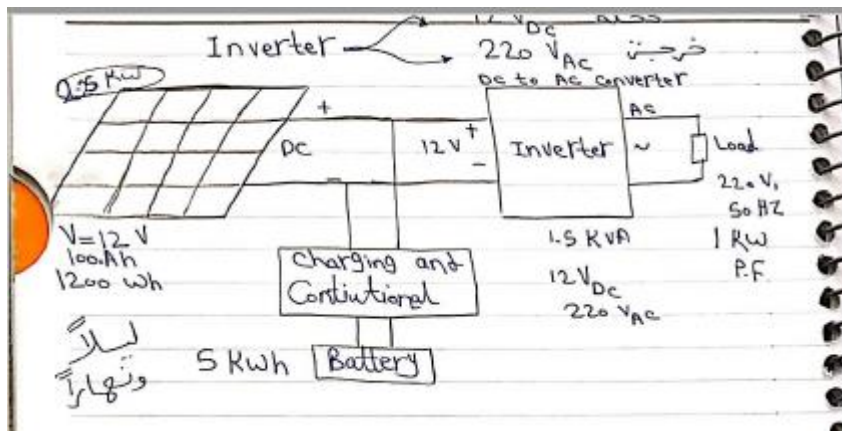
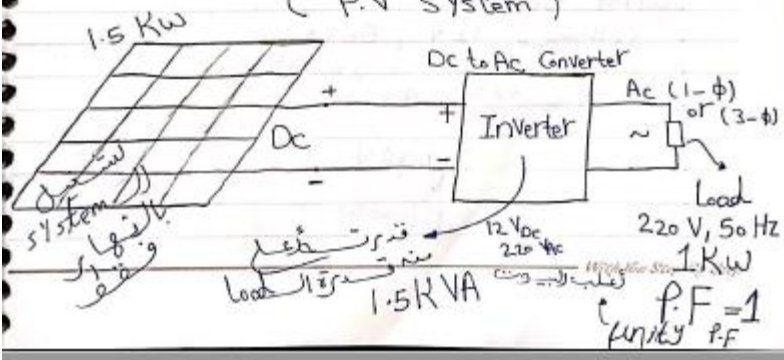
تتأثر مع الإشعاع

للشمس

→ أشعة الشمس المباشرة ←

كلما زاد الإشعاع الشمسي
ازدادت قدرة الخلية

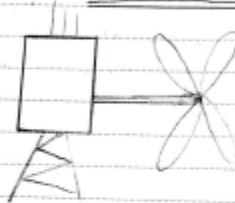
→ Solar generator [Photo Voltaic Generator] (P.V system)



Wind energy

- * أول توليد لطاقة الرياح في أواخر القرن التاسع وكانت القدرة بالكيلو واط.
- * وحالياً القدرة تصل إلى أكثر من ميجا واط وتصل إلى ارتفاع الريشة ٨٠ متر.
- * تستخدم في المناطق المفتوحة (السامية)

أنواع من حيث طريقة التحكم في الزاوية β



الزاوية بين الريشة والرياح \Rightarrow Pitch angle β

1- Variable Pitch angle turbines

يوجد Sensor يقيس سرعة الرياح والزاوية β ولتغير β يتم تغير الجهد المقابل للرياح من الزرشة وذلك عن طريق ميل الريشة أي تغير β (زاوية ميل الريشة).

في حالة سرعة الرياح الكبيرة جداً يتم تغير الزاوية لتقليل السرعة وتقل سرعة الترشية كبيرة نلجأ إلى فصل الترشية عن generator وتكون الترشية وهي مفعولة.

أما في حالة سرعة الرياح صغيرة جداً ومما تغيرت الزاوية تقل سرعة الترشية أقل من سرعة المولد تولد كهرباء ولكن بنفسه صغيرة غير المطلوبة - يتم فصل الترشية أيضاً.

أنواع المولدات المستخدمة Synchronous Generator في حالة ال
pitch angle للحفاظ على السرعة ثابتة حتى يخرج المولد من
وقود ثابت.

2) Fixed Pitch angle turbines

تظل المروحة الرشيقة في وضع ثابت والزوايا ثابتة وبالتالي عندما تتغير
سرعة الرياح تتغير سرعة المولد لذلك يتم وضع صندوق تروس
(gear box) بين الترس والمولد. يقوم هذا الصندوق بقياس
سرعة الترس وسرعة المولد لإختيار الترس الذي يجعل السرعة
اقرب ما يكون للسرعة المطلوبة.
أنواع المولدات المستخدمة Induction Generator

يخضع التروس له نسبة تحويل بين السرعات.

يتم تصنيف الترس أيضاً من حيث الوضع فهناك ترس أفقي
وأخرى رأسية.

لا بد من معرفة قدرة الأحمال على عشان نحدد المولد المطلوب على حسب
القدرة ونتم زيادتها ربما نحتاج إلى زيادة الأحمال مستقبلاً
قدرة الترس < قدرة المولد

$$P_w = \frac{\pi}{8} \rho D^2 U_w^3 C_p \Rightarrow \text{Watt}$$

ρ : كثافة الهواء air density.

D : blades Diameter

U_w : wind speed (m/s)

C_p : Power Coefficient of The turbines

P_w : out Put mechanical Power

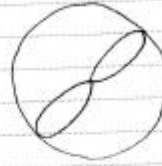
$$P_{out,ele} = P_{out,G} = \frac{P_w}{\eta_g} \rightarrow \text{كفاءة } G$$

كلما زادت سرعة الرياح كلما زادت الـ P_w .
سرعة الرياح تكون أفقية وسرعة دوران الريشة سرعة زاوية

$$\lambda = \frac{\pi D N_t}{60 V_w}$$

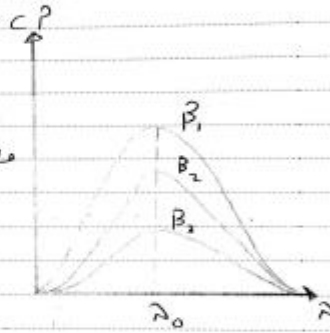
N_t : Speed (r.p.m)

λ : tip-speed ratio



Variable pitch-angle $\leftarrow C_p$

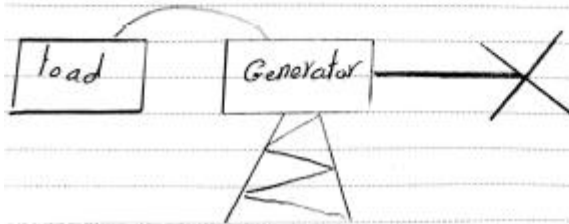
يختلف هذا المنحنى من ترسبة إلى آخر
فمنه نستخرج λ



wind energy Generating system

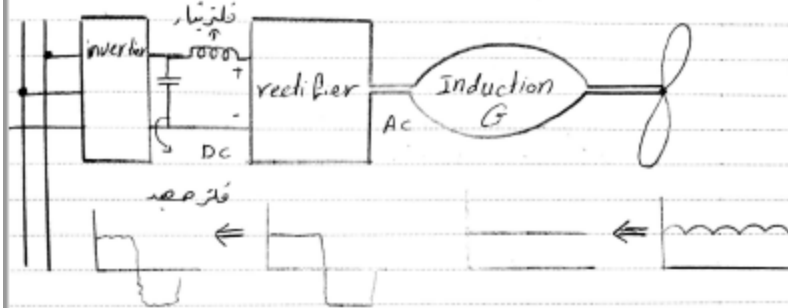
①- Stand-alone (isolated system).

يكون معزول عن الشبكة أي في مناطق بعيدة عن الشبكة.



2. System connected to The Common grid (network).

النظام متصل بالشبكة ولكن لا بد أن يكون الجهد والتردد الناتج من المولد هو نفسه جهد وتردد الشبكة.



يستخدم ملف عشان يشيل ال *repe* للتيار وميكيف عشان الجهد (فلتر).
 تكلفة هذا النظام عالية جدا حيث يتم تشغيل *Rectifier*
 و *Inverter* ذات قدرة كبيرة.
Control sys == يدير الجهد الناتج والتردد من *Inverter*
 والذي يساوي جهد وتردد الشبكة.
 للربط مع السعودية عن طريق *Dc*.
 يتم الربط بين الشبكات لتحسين الاعتمادية للشبكات. ولديها مشكلة
 جدا في استخدام خطوط نقل بين البلاد.

Ch 3 : Principles of electromagnetic energy conversion

يتم تصنيف أنظمة تحويل الطاقة من خلا الوسيط مجال مغناطيسي الى تصنيفات على حسب

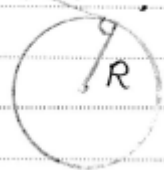
A) Excitation B) C)

A) Excitation

وتعني مصدر الفيض الموجود في الاله قد يكون مجرد سلك يمر به تيار و ملف او مغناطيس دائم ويتم تصنيفها كالآتي

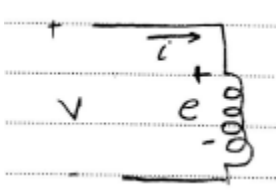
Single Excited	Double Excited	Multiply Excited
عبارة عن ملف او مجموعه من الملفات من احد ال member ف الاله سواء كان stator و rotor واحد هم يمر فيه تيار او مصدر لتوليد الفيض (واحد فقط)	عبارة عن ملف او مجموعه من الملفات في ال stator وال rotor معا أي الاثنين مصدران للفيض	عده مصادر منها single و double

B) حسب طريقه العمل

Small signals	Force producing devices	Continues Conversion Devices
بجيث يكون ال scale منخفض أي معدلته منخفض وبالتالي الجهد والتيار سيكون limited في الحركة Ex: Solonoid valves relays loud speaker	يعطي حركه خطيه ومحدوده translational motor انتقاليه في خط مستقيم والمسافات Limited في خط الإنتاج Examples : conductors relays linear motot Relays ولكن لها باور اكبر ط	نفس النوع السابق ولكن تكون انتاج F مستمره فلا بد من وجود دورات وبالتالي يوجد عزم وتسمى rotating $T = F \cdot R$  ويمكن تحويل من rotating الى Linear مثل القطارات في الدول المتقدمة

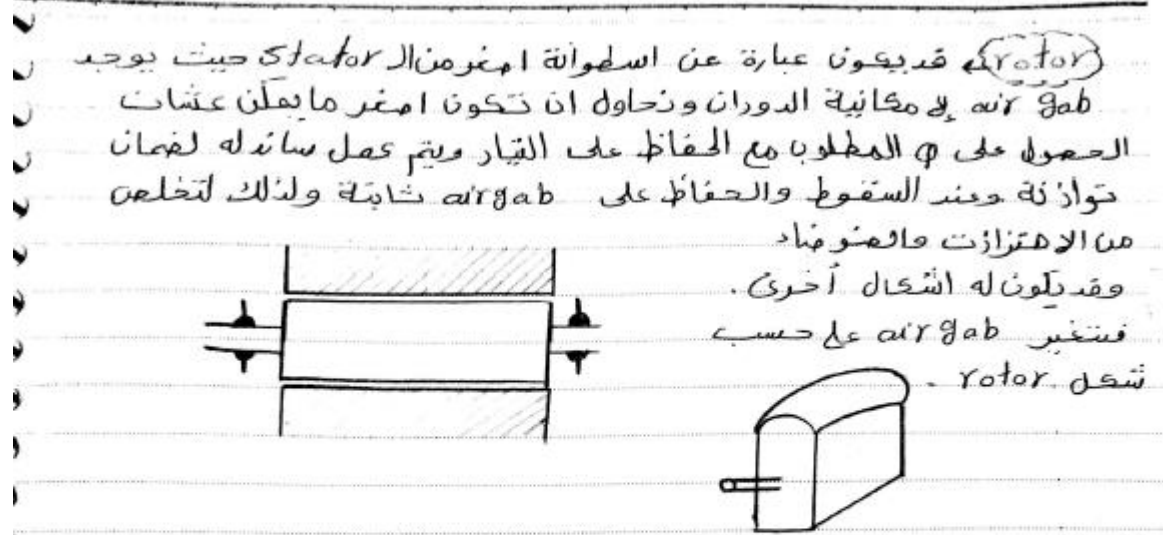
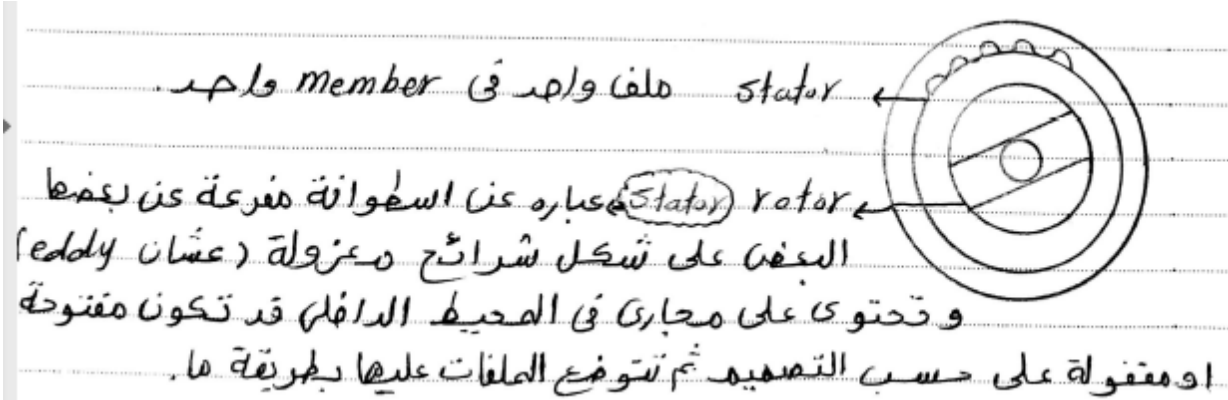
C) Analysis

يتم في التحليل في الالات التعامل مع 3 أنواع من العلاقات الفيزيائية والرياضية

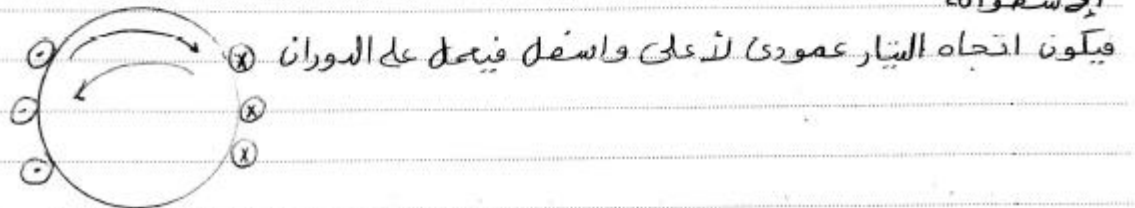
Electrical relations	Mechanical Relations	Conversion Relations
-Ohm's Law - Kirchoffs Law	- Newtons laws $F=ma$ $T = j dw/dt$	Faraday Lenz (magnetic)  $e = - \frac{d\lambda}{dt}$ تبعاً لقاعده لنزل الجهد المستحث يعاكس المسبب له/

Electrical Circuit Relations of rotating Systems

1- Single excited system L

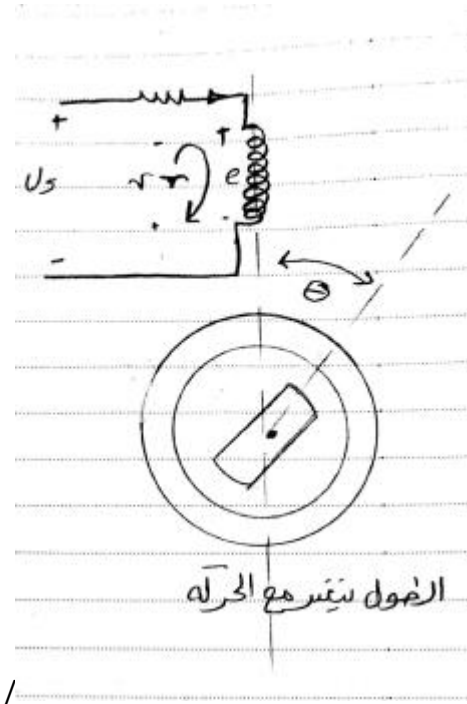


نفرض أن stator يوجد به ملفين احدهم \otimes والاخر \odot عمودين على الأسطوانة



DC Excitation

Single excited system



If e has a value then $I = \frac{v-e}{R}$

$$R = \frac{l_g}{\mu_0 A_g}$$

الreluctance تعتمد على الموضع بتناح ال rotor

$$R(\theta) = \frac{l_g(\theta)}{\mu_0 A_g(\theta)}, L = \frac{N^2}{R}$$

$$\text{at } \theta = 0 \rightarrow R_{\min} \rightarrow L_{\max}$$

$$\text{at } \theta = 90 \rightarrow R_{\max} \rightarrow L_{\min}$$

$$\lambda = L(\theta)i$$

$$e = \frac{d\lambda(\theta, i)}{dt}$$

if AC

$$e = \overbrace{L \frac{di}{dt}}^{\text{static transformer}} + \overbrace{i \frac{dL}{dt}}^{\text{dynamic speed voltage}} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} \frac{d\theta}{dt} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \overbrace{L \frac{di}{dt}}^{\text{static transformer}} + \overbrace{i \frac{dL}{d\theta} \dot{\theta}}^{\text{dynamic speed voltage}} = \overbrace{L \frac{di}{dt}}^{\text{static transformer}} + \overbrace{i \frac{dL}{d\theta} \omega}$$

KVL $v - e = 0$ therefore $e = v$

$$v = IR + e$$

$$v = v_t + v_f$$

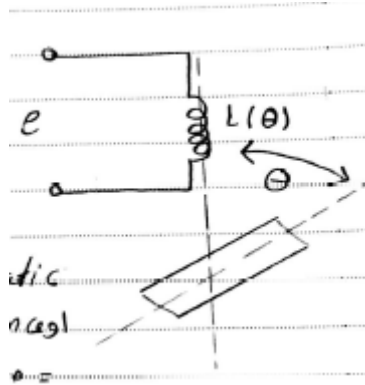
علاقه ال i , v مرهونه بال L ثابتة ام متغيره

لو كان ال rotor اسطواني ويتحرك فان ال air gap ثابتة ولا تتغير ال L

في حالة ال L ثابتة (ال rotor اسطوانه)

$$e = \overbrace{L \frac{di}{dt}}^{\text{static transformer}}$$

الملفات لا تكون مركزه ولكنا تكون موزعه على عدد من المجاري و مدى التوزيع يعتمد على التصميم وعلى حسب سواء single او 3=phase ولكن للتبسيط بنمثلها بملف واحد فوق ال rotor



Doubly excited system

يحتوي على 2 coil احدهم rotor والآخر stator

$$M(\theta) = k \sqrt{L_{11}(\theta)L_{22}(\theta)}$$

$$\lambda_1(i_1, i_2, \theta) = L_{11}i_1 + M i_2$$

$$\lambda_2(i_1, i_2, \theta) = L_{22}i_2 + M i_1$$

$$v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = L_{11} \frac{di_1}{dt} + i_1 \frac{dL_{11}}{d\theta} \omega + M \frac{di_2}{dt} + i_2 \frac{dM}{d\theta} \omega = \overbrace{L_{11} \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}}^{\text{Transform}} + \overbrace{i_1 \frac{dL_{11}}{d\theta} \omega + i_2 \frac{dM}{d\theta} \omega}^{\text{Speed Voltage}}$$

$$v_2 = \overbrace{L_{22} \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}}^{\text{Transform}} + \overbrace{i_2 \frac{dL_{22}}{d\theta} \omega + i_1 \frac{dM}{d\theta} \omega}^{\text{Speed Voltage}}$$

ولكي نمثل أكثر من نظام معا نستخدم صورته المصفوفات

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & m \\ m & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \mathbb{L}(\theta) \mathbb{I}$$

حيث

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} \Rightarrow \lambda^T = [\lambda_1 \quad \lambda_2]$$

$$I = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \Rightarrow I^T = [i_1 \quad i_2]$$

$$L = \begin{bmatrix} L_{11} & m \\ m & L_{22} \end{bmatrix}$$

$$\bar{U} = \begin{bmatrix} v_1 & v_2 \end{bmatrix}^T$$

$$\frac{d\lambda}{dt} \Leftrightarrow p \lambda$$

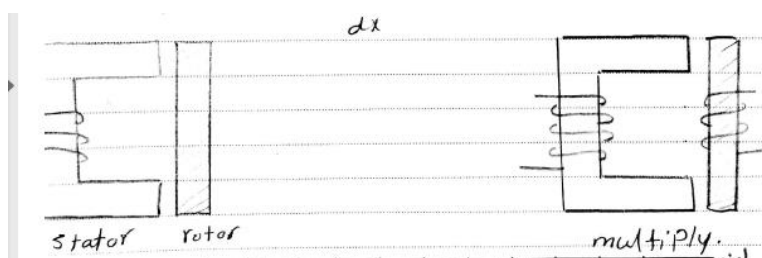
$$\therefore \underline{v} = p \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \underbrace{p L(\theta) I}_{\text{transformer voltage}} + \underbrace{\omega \frac{dL(\theta)}{d\theta} I}_{\text{speed voltage}}$$

اوكل الفاراد دى = دى سي سي = دى سي سي
elect electromechanical

$$V = p (L(\theta) I) = L(\theta) p I + \omega \frac{dL(\theta)}{d\theta} I$$

For doubly excited translational system

$$V = p (L(x) I) = L(x) p I + x \frac{dL(x)}{dx} I$$



For multiply excited systems

$$= \underline{L}(\theta) \underline{I}$$

$$\underline{\lambda}^T = [\lambda_1 \quad \lambda_2 \quad \lambda_3 \quad \dots \quad \lambda_n]$$

$$\underline{I}^T = [i_1 \quad i_2 \quad i_3 \quad \dots \quad i_n]$$

$$\underline{L} = \begin{bmatrix} L_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{1n} \\ m_{21} & L_{22} & m_{23} & m_{2n} \\ m_{31} & m_{32} & L_{33} & m_{3n} \\ m_{n1} & m_{n2} & m_{n3} & L_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\underline{V}^T = [v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad \dots \quad v_n]$$

